

# 渤海湾近岸海域浮游动物多样性

高文胜<sup>1,2</sup>, 刘宪斌<sup>1</sup>, 张秋丰<sup>2</sup>, 徐玉山<sup>2</sup>, 马玉艳<sup>2</sup>, 何 荣<sup>2</sup>, 刘 洋<sup>2</sup>

(1. 天津市海洋资源与化学重点实验室, 天津科技大学, 天津 300457; 2. 国家海洋局 天津海洋环境监测中心站, 天津 300457)

**摘要:** 2004~2009年每年1~2次对渤海湾近岸海域选定站位进行采样, 分析了其浮游动物的种类组成及种类多样性。结果表明, 渤海湾近岸海域共鉴定出浮游动物9大类48种, 主要种类为近岸低盐种, 优势种主要为强壮箭虫(*Sagitta crassa*)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、大同拟长腹剑水蚤(*Oithona similis*)、小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)和双刺纺锤水蚤(*Acartia bifilosa*)。通过不同年份渤海湾近岸海域浮游动物物种丰度、多样性指数、均匀度指数、优势度的对比, 发现渤海湾海域生物环境质量在2007年前呈下降趋势, 2007年后呈回升趋势。渤海湾近岸海域南部断面的浮游动物多样性指数呈减小趋势, 北部断面的浮游动物多样性呈增大趋势。

**关键词:** 渤海湾; 近岸海域; 浮游动物; 物种多样性

中图分类号: Q94.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2014)04-0055-06  
doi: 10.11759/hyhx20120503001

浮游动物是一类经常在水中浮游, 本身不能制造有机物的异养型无脊椎动物和脊索动物幼体的总称, 是在水中营浮游性生活的动物类群。浮游动物的种类极多, 水层中的分布也较广, 由于很多种浮游动物的分布与气候有关, 因此, 也可用作暖流、寒流的指示动物<sup>[1]</sup>。浮游动物是中上层水域中鱼类和其他经济动物的重要饵料, 是海洋食物网结构的重要环节, 对海洋渔业的发展具有重要意义, 在海洋生态系统的物质循环和能量流动过程中肩负着重要作用<sup>[2-3]</sup>。浮游动物种类多样性及其群落特征是评价水域营养水平、资源现状、污染状况以及海洋生态系统稳定性的重要指标。

人们在对各种环境质量参数进行研究的基础上, 提出了一系列适用于对水环境质量进行评价的生物指数, 但是不同的生物指数及其标准的产生都有其特定的环境条件, 不同的生物指数反映的水环境状况都会有所不同<sup>[4]</sup>。生物多样性指数是研究水域内生物多样性水平的重要参数, 可以反映其浮游动物群落的结构特征, 因此, 通过对生物多样性指数进行研究, 可以反映浮游动物的群落特征。

渤海湾位于渤海西部, 属半封闭海湾, 水交换能力较差, 且水体营养盐含量较高, 浮游植物丰富, 非常适合浮游动物生长。目前已开展了渤海湾浮游动物群落方面的相关研究<sup>[4-8]</sup>, 但由于主要研究方向不同, 以及各种条件的限制, 没有针对渤海湾浮游

动物的生物多样性特征进行深入研究, 作者主要以2004~2009年对渤海湾近岸海域浮游动物的监测数据为依据, 分析了浮游动物种类多样性及群落结构, 探讨了渤海湾近岸海域的生态环境状况, 为进一步评价该海域环境状况提供科学依据。

## 1 材料与方 法

分别于2004年7月和8月、2005~2008年5月和8月、2009年8月在渤海湾近岸海域进行浮游动物调查, 监测船为冀海渔1002, 2004~2007年浮游动物采样站位为30个, 2008年后对监测站位作了调整, 监测站位削减为24个(图1), 从图中可以看出, 监测站位基本覆盖天津近海海域, 对研究渤海湾尤其是天津海域的浮游动物多样性特征具有较高的参考价值。根据海洋调查规范(GB12763.7-2007), 浮游动物样品采用 两种网型同时采样, 进行种类、密度分析。采样方式为在每个调查站位自底至表垂直拖网1次。样品用5%甲醛固定和保存。

收稿日期: 2013-07-25; 修回日期: 2013-12-11

基金项目: 天津市科技兴海项目(2012-G08)

作者简介: 高文胜(1982-), 男, 天津人, 工程师, 硕士, 主要从事海洋生态环境研究, 电话: 15902278105, E-mail: gwsh119193@163.com; 刘宪斌, 通信作者, 教授, 博士, 研究方向为环境评价与生态修复, E-mail: lxb0688@tust.edu.cn

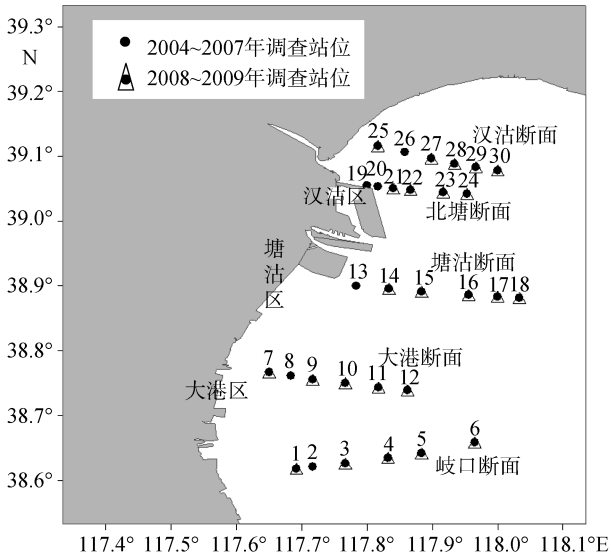


图 1 2004~2009 年渤海湾近岸海域浮游动物调查站位示意图

Fig.1 Zooplankton sampling stations in the offshore area of Bohai Bay from 2004 to 2009

作者主要选用物种丰富度指数  $d$ 、物种优势度  $Y$ 、物种多样性指数  $H'$  (香农—威纳指数) 和物种均匀度指数  $J$ 、站位优势度  $D$  来研究浮游动物群落的多样性特征。以上 5 个指数均是以每站的浮游动物样品为一样方来进行计算的, 具体计算公式如下:

$$d = (S-1) / \log_2 N$$

$$Y = \frac{n_i}{N} \times f_i$$

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \times \log_2 p_i$$

$$J = H' / \ln S$$

$$D = \frac{N_1 + N_2}{N_T}$$

式中,  $S$  为样品中的物种总数,  $N$  为采集样品中所有物种的总个体数,  $n_i$  为第  $i$  种的总个体数,  $f_i$  为该种在各样品中出现的频率,  $p_i$  为样方中的  $i$  种所占的比例,  $N_1$  为单个站位中第一优势种的个体数,  $N_2$  为单个站位中第二优势种的个体数,  $N_T$  为单个站位的总个体数。

历次渤海湾近岸海域的浮游动物监测调查均分为 5 个断面, 5 个断面为从南向北排列, 依次为岐口、大港、塘沽、北塘和汉沽, 2005~2007 年为 30 个站位, 2008 年之后改为 24 个站位。

## 2 结果与讨论

### 2.1 种类组成

2004~2009 年渤海湾共鉴定出浮游动物 9 大类

48 种, 其中桡足类 16 种, 占种类数的 33.33%, 水母类 3 种, 占种类数的 6.25%, 端足类和毛虾类各 2 种, 分别占种类数的 4.17%, 枝角类、糠虾类、毛颚类和涟虫类各 1 种, 分别占种类数的 2.08%, 浮游幼虫 21 类, 占种类数的 43.75%。每年监测浮游动物种类组成见表 1。这些浮游动物都属于暖温带种, 未出现冷水种和热带种, 近岸低盐种在种类数和丰度上均占优势, 表明该海域浮游动物生态属性为广温低盐型。

### 2.2 优势种

渤海湾浮游动物优势种为: 强壮箭虫 (*Sagitta crassa*)、中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*)、双刺纺锤水蚤 (*Acartia bifilosa*)、大同拟长腹剑水蚤 (*Oithona similis*)、小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*) 等 (表 2)。其中强壮箭虫、双刺纺锤水蚤在 2004~2009 年的调查中, 几乎每年均成为优势种, 是渤海湾浮游动物最主要的优势种, 出现的频次及优势度均较高。

### 2.3 浮游动物物种多样性

从图 2 中可以看出, 渤海湾近岸海域的型网浮游动物 8 月的丰富度指数要高于 5 月, 即夏季比春季高, 说明渤海湾近岸海域型网浮游动物种类夏季比春季丰富, 环境更健康; 年平均结果以 2006 年最高, 2007 年最低; 站位优势度与丰富度相反, 5 月的站位优势度要高于 8 月, 即春季比夏季高, 说明夏季型网浮游动物物种更多, 2005~2009 年的站位优势度年平均结果变化不大; 同样, 型网浮游动物的多样性和均匀度指数也同样表现为夏季大于春季, 从年平均结果来看, 从 2005 年至 2007 年, 这两项指数呈下降趋势, 说明渤海湾近岸海域污染的可能性较大, 从 2007 年后, 2008 年和 2009 年的多样性和均匀度指数有所回升, 说明此海域的整体生物环境有所改善。

从图 3 中可以看出, 渤海湾近岸海域的型网浮游动物 8 月的的丰富度指数要高于 5 月, 夏季比春季高, 夏季型网浮游动物种类比春季丰富, 环境更健康; 年平均结果以 2008 年最高, 2007 年最低; 站位优势度与丰富度相反, 5 月的站位优势度要高于 8 月, 即春季比夏季高, 说明夏季型网浮游动物物种更多, 2005~2009 年的站位优势度年平均结果变化不大; 同样, 型网浮游动物的多样性和均匀度指数也同样表现为夏季大于春季, 从年平均结果来看, 从 2005 年至 2007 年, 这两项指数呈下降趋势, 说明渤海湾近岸海域污染的可能性较大, 从 2007 年后, 2008 年和 2009 年的多样性和均匀度指数有所回

表 1 2004-2009 年渤海湾近岸海域浮游动物种类组成

Tab.1 Composition of zooplankton species in offshore area of Bohai Bay from 2004 to 2009

年-月	监测项目	水母类	枝角类	桡足类	端足类	糠虾类	毛虾类	毛颚类	涟虫类	浮游幼虫
2004-07	种类数	1		4				1		9
	所占比例(%)	6.67		26.67				6.67		60.00
2004-08	种类数	1		6				1		10
	所占比例(%)	5.56		33.33				5.56		55.56
2005-05	种类数	1		11				1		7
	所占比例(%)	5.00		55.00				5.00		35.00
2005-08	种类数	1		10				1		9
	所占比例(%)	4.76		47.62				4.76		42.86
2006-05	种类数	1		6	1	1	1	1	1	8
	所占比例(%)	5.00		30.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	40.00
2006-08	种类数	1		7			2	1		10
	所占比例(%)	4.76		33.33			9.52	4.76		47.62
2007-05	种类数	1	1	8		1	1	1		9
	所占比例(%)	4.55	4.55	36.36		4.55	4.55	4.55		40.91
2007-08	种类数	1		6	1		1	1	1	9
	所占比例(%)	5.00		30.00	5.00		5.00	5.00	5.00	45.00
2008-05	种类数	1		9				1		10
	所占比例(%)	4.76		42.86				4.76		47.62
2008-08	种类数	1		7				1		11
	所占比例(%)	5.00		35.00				5.00		55.00
2009-08	种类数	3		7				1		10
	所占比例(%)	14.29		33.33				4.76		47.62

注: 代表所获浮游动物类群

升, 说明此海域的整体生物环境有所改善。

#### 2.4 浮游动物香农—威纳多样性指数空间分布

根据前文中计算得到的型网和型网浮游动物的香农—威纳多样性指数, 按不同的断面站位, 对其进行平均计算, 可以得到各不同断面的香农—威纳多样性指数随时间的变换规律, 并由此得到型网和型网浮游动物在渤海湾近岸海域的空间分

布情况(图 4 和图 5)。

从图 4 可以看出, 岐口、大港断面的型网浮游动物香农—威纳多样性指数总体较低, 这可能是由于断面靠近独流减河、青静黄排水渠、子牙新河、北排河等河口, 河口排放的污染物对该生物环境影响较大, 造成该断面生物香农—威纳多样性指数偏低; 塘沽、北塘断面的型网浮游动物香农—威纳多样性指数总体较高, 汉沽断面的型网浮游动物香农—威纳多样性指数呈逐渐下降的趋势, 应引起注意。

表 2 2004~2009 年渤海湾近岸海域浮游动物优势种

Tab. 2 Zooplankton dominant species in the offshore area of Bohai Bay from 2004 to 2009

年-月	优势种	平均密度(个/m <sup>3</sup> )	总平均密度(个/m <sup>3</sup> )	出现频次(%)	优势度
2004-07	强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	70.56	302.13	93.33	0.2180
2004-08	强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	21.10	105.77	100.00	0.1995
2005-05	强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	211.93	1065.10	96.67	0.1924
	中华哲水蚤( <i>Calanus sinicus</i> )	150.73	1065.10	100.00	0.1415
2005-08	双刺纺锤水蚤( <i>Acartia bifilosa</i> )	9481.60	19947.30	100.00	0.4753
	强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	34.74	118.63	100.00	0.2928
2006-05	中华哲水蚤( <i>Calanus sinicus</i> )	18.15	118.63	96.67	0.1479
	强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	304.79	632.55	100.00	0.4818
2006-08	中华哲水蚤( <i>Calanus sinicus</i> )	130.03	632.55	100.00	0.2056
	强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	96.34	391.76	93.33	0.2295
2007-05	双刺纺锤水蚤( <i>Acartia bifilosa</i> )	4324.64	22748.05	100.00	0.1901
	强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	196.52	2301.23	96.67	0.0826
2007-08	双刺纺锤水蚤( <i>Acartia bifilosa</i> )	34440.68	48059.23	100.00	0.7166
	小拟哲水蚤( <i>Paracalanus parvus</i> )	1591.23	48059.23	83.33	0.0276
	强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	131.33	1504.83	100.00	0.0873
2008-05	小拟哲水蚤( <i>Paracalanus parvus</i> )	9290.33	17226.20	100.00	0.5393
	双刺纺锤水蚤( <i>Acartia bifilosa</i> )	3347.77	17226.20	100.00	0.1943
	双刺纺锤水蚤( <i>Acartia bifilosa</i> )	16992.50	23830.25	100.00	0.7131
2008-08	强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	200.71	1816.19	95.83	0.1059
	双刺纺锤水蚤( <i>Acartia bifilosa</i> )	3972.79	10280.79	100.00	0.3864
	小拟哲水蚤( <i>Paracalanus parvus</i> )	1877.58	10280.79	100.00	0.1826
	大同拟长腹剑水蚤( <i>Oithona similis</i> )	1456.08	10280.79	75.00	0.1062
2009-08	小拟哲水蚤( <i>Paracalanus parvus</i> )	1103.54	4411.58	95.83	0.2397
	双刺纺锤水蚤( <i>Acartia bifilosa</i> )	320.63	4411.58	37.50	0.0273

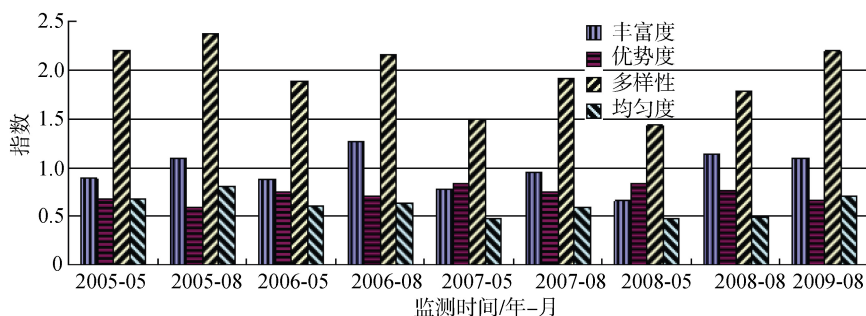


图 2 2005~2009 年渤海湾近岸海域 型网浮游动物物种多样性

Fig.2 Species diversity of zooplankton by the standard net type in the offshore area of Bohai Bay from 2005 to 2009

从图 5 可以看出, 岐口、大港断面的 型网浮游动物的香农—威纳多样性指数呈逐渐减小的趋势, 说明该海域的生物环境受到负面影响, 而塘沽、北塘、汉沽断面的 型网浮游动物的香农—威纳多样性指数在 2007 年前较低, 根据《近岸海域环境监测技术规范》(HJ 442-2008)<sup>[10]</sup>中提供的生物香农—威纳多样性指数评价指标(表 3), 对其进行评价, 汉沽断面在 2005 年和 2008 年 5 月, 塘沽断面在 2007 年 5 月, 其生物质量等

级均达到了极差, 但自 2008 年后呈逐渐增大的趋势, 说明该海域的生物环境不断改善。

表 3 香农—威纳多样性指数水质评判标准  
Tab.3 Several general water quality evaluation standard with biological index

指数 $H'$	$H' \geq 3.0$	$2.0 \leq H' < 3.0$	$1.0 \leq H' < 2.0$	$H' < 1.0$
生境质量等级	优良	一般	差	极差

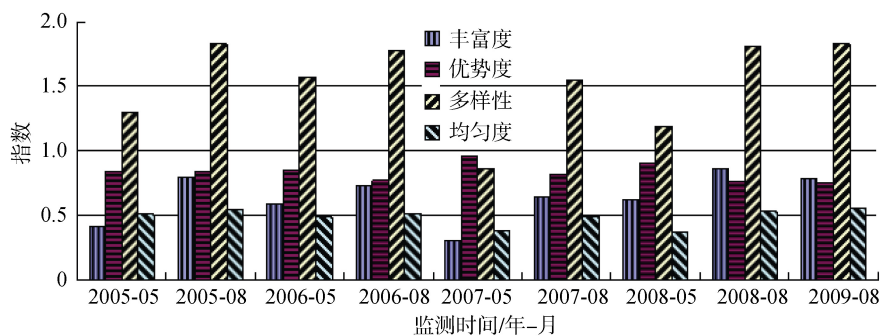


图3 2005~2009年渤海湾近岸海域 型网浮游动物物种多样性

Fig.3 Species diversity of zooplankton by the standard net type in the offshore area of Bohai Bay from 2005 to 2009

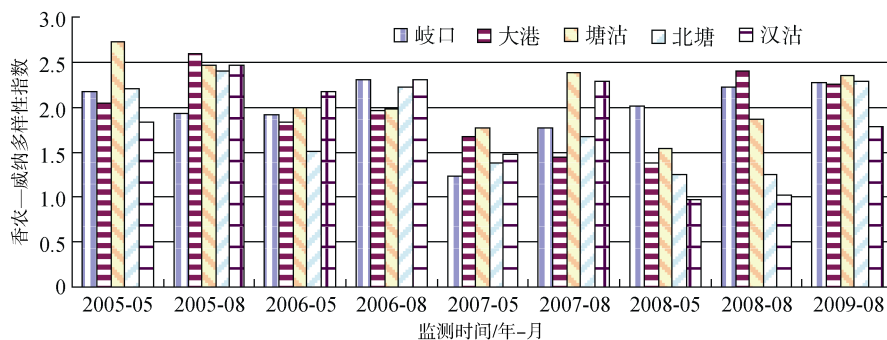


图4 2005~2009年渤海湾近岸海域 型网浮游动物香农—威纳多样性指数空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of zooplankton by the standing net type diversity index in the coastal area of Bohai Bay from 2005 to 2009

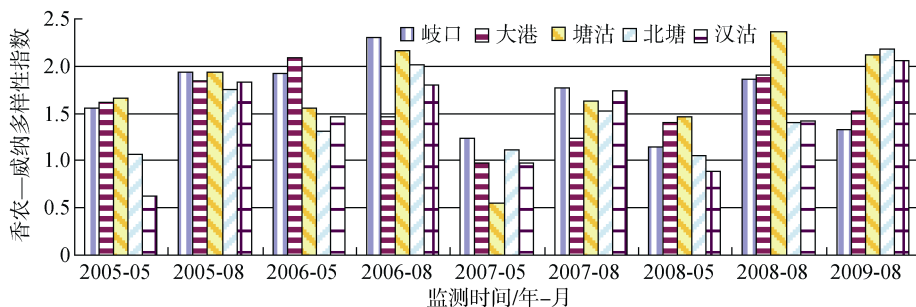


图5 2005~2009年渤海湾近岸海域 型网浮游动物香农—威纳多样性指数空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of zooplankton by the standing net type diversity index in the coastal area of Bohai Bay from 2005 to 2009

### 3 结论

2004~2009年,渤海湾近岸海域浮游动物共鉴定出9大类48种,主要种类为近岸低盐种,优势种主要为强壮箭虫、中华哲水蚤、双刺纺锤水蚤、小拟哲水蚤和大同拟长腹剑水蚤;2005~2007年,渤海湾近岸海域的 型网和 型网浮游动物的多样性指数均呈下降趋势,而2008年后多样性指数均有所回升,说明该海域的整体生物环境有所改善;岐口、大港断面的 型网和 型网浮游

动物的多样性指数均呈减小趋势,说明该海域的生物环境受到负面影响,该海域的排污河口可能是影响主因;而北部塘沽、北塘和汉沽断面的浮游动物多样性指数呈增大趋势,说明该海域的生境不断改善。

#### 参考文献:

[1] Andronikova I N. Zooplankton characteristics in monitoring of Lake Ladoga[J]. Hydrobiologia, 1996, 322: 172-179.

- [2] Ware D M, Thomson R E. Bottom-up ecosystem trophic dynamics determine fish production in the northeastpacific [J]. Science, 2005, 308: 1280-1284.
- [3] Warwick R M. The nematode/copepod ratio and its use in pollution ecology[J]. Marine Pollution Bulletin, 1981, 12(10): 329-333.
- [4] 张光贵. 用综合生物指数法评价水质[J]. 环境监测管理与技术, 2000, 12(5): 27-29.
- [5] 钟贻城, 李玉和, 张奎光. 北塘河口浮游动物生态的初步研究[J]. 生态学报, 1984, 4(4): 393-400.
- [6] 白雪娥, 庄志猛. 渤海浮游动物生物量及其主要种类数量变动的研究[J]. 海洋水产研究, 1991, 12: 71-92.
- [7] 程济生主编. 黄渤海近岸水域生态环境与生物群落[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2004: 190-206.
- [8] 衣丽霞, 曹春晖. 渤海湾天津附近海域的浮游动物研究[J]. 盐业与化工, 2006, 36(3): 39-41.
- [9] 环境保护部. HJ 442-2008 近岸海域环境监测技术规范[S]. 中国标准出版社, 2008.

## Species diversity of zooplankton in the coastal area of Bohai Bay

GAO Wen-sheng<sup>1, 2</sup>, LIU Xian-bin<sup>1</sup>, ZHANG Qiu-feng<sup>2</sup>, XU Yu-shan<sup>2</sup>, MA Yu-yan<sup>2</sup>, HE Rong<sup>2</sup>, LIU Yang<sup>2</sup>

(1. Tianjin Key Laboratory of Marine Resource and Chemistry, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China; 2. Tianjin Marine Environmental Monitoring Central Station, SOA, Tianjin 300457, China)

**Received:** Jul., 25, 2013

**Key words:** Bohai Bay; offshore area; zooplankton; species diversity

**Abstract:** In this paper, the zooplankton species composition and species diversity were analyzed based on the data acquisitioned through the survey of samples harvested from Bohai Bay during 2004 to 2009. The results showed that total nine classes, including 48 zooplankton species were identified during the survey, and most of them were offshore lower-salinity group. The main dominant species were *Sagitta crassa*, *Calanus sinicus*, *Oithona similis*, *Paracalanus parvus* and *Acartia bifilosa*. Through comparison of the Zooplank species abundance, species diversity, evenness index and dominance index in different years, we found that habitat quality was declining before 2007 and it became better since 2007. The zooplankton species diversity in southern sea area of Bohai Bay was decreasing while that in northern sea area of Bohai Bay was increasing.

(本文编辑: 梁德海)